



L'involucro edilizio

Guida alla progettazione e manutenzione
delle chiusure verticali portate e portanti

Giovanna Franco

E' il biglietto da visita degli edifici, il confine che separa lo spazio interno da quello esterno. Ed è, soprattutto, uno degli elementi che più definiscono l'immagine dell'immobile nel contesto urbano. Stiamo parlando della chiusura verticale, struttura a cui non solo viene richiesta solidità statica e capacità di isolamento, ma anche tantissime altre prestazioni: dall'affidabilità alla lavorabilità, dal risparmio energetico alla sostenibilità ambientale. Il libro vuole essere, in primo luogo, una guida pratica alla progettazione di nuove chiusure verticali e all'intervento su pareti perimetrali esistenti,

affrontando anche i temi della durata, della propensione al degrado e della manutenzione di questi elementi. Il testo è diviso in due parti. Nella prima l'autrice fa il punto sulle diverse soluzioni costruttive, tradizionali e contemporanee, suddividendole per ruoli e prestazioni. Nella seconda sezione, invece, pratiche schede tecniche guideranno i progettisti all'individuazione delle soluzioni più vicine alle loro esigenze. Un testo che non può mancare nella libreria di progettisti, architetti, ingegneri e di tutti coloro che operano nel settore delle costruzioni.

LE CHIUSURE VERTICALI: DEFINIZIONI, PRESTAZIONI, RUOLI NEL PROGETTO CONTEMPORANEO E NELL'ARCHITETTURA TRADIZIONALE

1.1 Definizioni

Il tema della chiusura perimetrale, soprattutto nella costruzione contemporanea, costituisce un argomento di grande attualità, che trova ampio spazio nella pubblicistica di settore. Il soggetto, infatti, si presta a una infinita gamma di letture e interpretazioni, sia dal punto di vista eminentemente tecnico (materiali, processi di lavorazione, modalità di posa in opera, strumenti avanzati per la progettazione), sia dal più ampio punto di vista culturale, nel rapporto che l'involucro può istituire con il linguaggio architettonico, con la creazione di nuove spazialità, con l'espressione di nuovi messaggi.

Il termine "chiusura verticale" indica, in senso generale, l'insieme degli elementi tecnici verticali del sistema edilizio che costituiscono la separazione tra ambiente esterno e interno di un edificio (secondo la Norma Tecnica UNI 8290-1 del 01/09/81). Come elementi di separazione, le chiusure perimetrali verticali hanno dunque il ruolo di impedire il passaggio di persone, animali, oggetti e materiali solidi, liquidi e gassosi e di regolare il passaggio di energia tra gli spazi interni ed esterni all'organismo edilizio.

L'elemento architettonico verticale che delimita lo spazio, sia interno che esterno, è anche denominato "parete", che può avere funzione strutturale (parete portante) o solo distributiva, di separazione e di tamponamento. Nella costruzione tradizionale, la chiusura perimetrale ha spesso assunto un ruolo strutturale, mentre in quella contemporanea il termine è utilizzato soprattutto per indicare gli elementi leggeri che costituiscono il tamponamento esterno di edifici a struttura intelaiata, in acciaio o conglomerato cementizio armato, alludendo quindi a una parte effettivamente separabile dall'intera costruzione.

Non mancano tuttavia esempi, sia nell'architettura antica sia in quella con-



Figura 1.1
Assemblea
Nazionale a
Dacca
(L. Kahn),
modello
in cartone

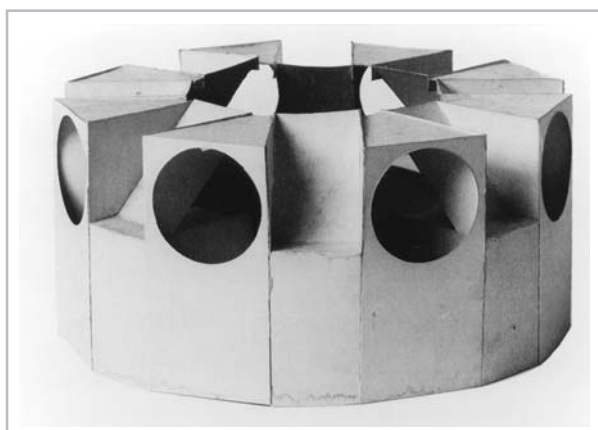
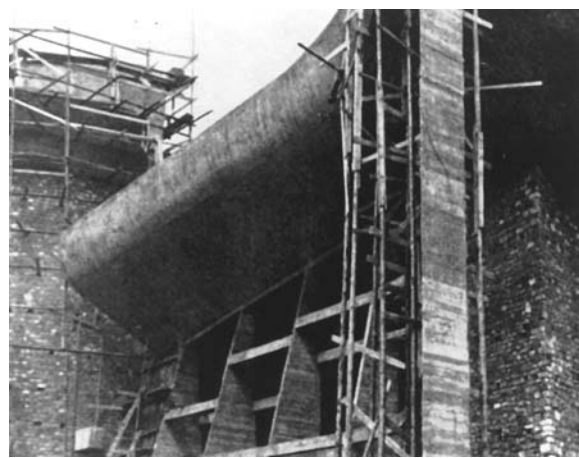


Figura 1.2
Cappella di
Notre Dame a
Ronchamp (Le
Corbusier)
in fase di
costruzione



temporanea, che mettono in crisi la contrapposizione tra parete muraria *portante*, tipica delle strutture antiche, e involucro leggero *portato*, tipico delle costruzioni moderne e contemporanee, rendendo evidenti gli equivoci legati alla terminologia corrente. Le pareti esterne dell'Assemblea Nazionale a Dacca (L. Kahn), per esempio, sono realizzate in pannelli di calcestruzzo armato faccia a vista, rigidamente vincolati alla struttura interna e assimilabili a gusci e lastre sottili più che a tamponamenti, con ruolo quindi portante.

La parete perimetrale della Cappella di Notre Dame a Ronchamp (Le Corbusier), che appare all'opposto di tipo massivo, è realizzata con una struttura intelaiata e con lastre di rivestimento sottili, così come le pareti esterne di tipo lapideo, della Casa Milà a Barcellona (A. Gaudì) rivestono una ossatura intelaiata in acciaio.

Esistono inoltre, nella storia del costruire, esempi di costruzioni in muratura di pietra e mattoni chiuse da elementi leggeri. Le grandi vetrate delle cattedrali gotiche, tra i primi esempi di strutture "a ossatura", pos-

sono essere lette come un vero e proprio sistema di chiusura con preminente funzione di tamponamento. Il sistema costruttivo "a fulcri isolati", ideato da A. Antonelli, porta, per parte sua, alla massima evoluzione la concezione strutturale a ossatura discontinua in muratura di mattoni, in edifici le cui pareti esterne sono irrigidite e contraffortate da una vera e propria intelaiatura, chiusa da pareti leggere. Infine, nei sistemi costruttivi della casa baraccata e della gaiola pombalina, adottati rispettivamente dopo i terremoti della Calabria (1783) e

di Lisbona (1755), le superfici delle pareti esterne, di tipo lapideo, nascondono in realtà una ossatura interna realizzata con telai lignei, elastica e in grado di assorbire i traumi generati dalle onde sismiche.

Oggi il termine "chiusura" è spesso sostituito da "involucro" che, indubbiamente, indica con maggiore precisione il mondo delle tecnologie leggere, delle "scocche" ancorate in vario modo a un sistema portante autonomo e indipendente. Con l'avvento dell'industrializzazione edilizia, infatti, alle soglie del XX secolo, la chiusura esterna, spesso realizzata in materiale leggero e trasparente (seguendo un passaggio graduale dal muro alla pelle) si stacca, appunto, dalla struttura portante. L'innovazione tecnica comporta, oltre alla possibilità di utilizzare nuovi materiali, nuovi valori culturali, cui corrispondono forme e linguaggi appropriati: leggerezza, trasparenza, flessibilità, sostituibilità, convertibilità (Pedrotti, 1995).

Il termine "involucro" si discosta dunque definitivamente dalla tradizione muraria, che lavorava con le regole della pesantezza, della massa e della stratificazione orizzontale, in cui la chiusura esterna assolveva, nello stesso tempo, a diverse funzioni (sicurezza statica, protezione, isolamento, espressione formale...). I nuovissimi sistemi di chiusura superano, peraltro, il vincolo della geometria (seguendo geometrie spaziali complesse) e quello della sovrapposizione di strati leggeri, per costituirsi come vero e proprio corpo, ossia architettura, fatta di spazi, spessori e matericità, pur nella logica di una progressiva smaterializzazione. Le stesse prestazioni tradizionali si complicano e si moltiplicano, anche in relazione a rinnovate esigenze dell'utenza, ora assolte separatamente dai diversi strati, ora assolte tutte insieme da un unico "pacchetto" o da un filtro. Accanto alla sicurezza statica, alla protezione dagli agenti esterni, all'isolamento termico, alla traspirabilità, si aggiungono nuove prestazioni, quali la durabilità, l'affidabilità, la lavorabilità, il risparmio energetico, l'ecologicità.

1.2 Morfologia e aspetto superficiale

La morfologia di una chiusura verticale può dipendere da diversi fattori, in ragione della complessità della costruzione.

Influenzano in primo luogo la morfologia la forma dell'edificio e la composizione dei suoi prospetti. Nella costruzione tradizionale con ruolo portante, l'aspetto superficiale è spesso fortemente condizionato dalla tessitura muraria (se la parete è in muratura faccia a vista), a meno che non sia rivestita di uno



strato di intonaco. Nella costruzione più recente, le pareti perimetrali verticali possono essere ritmicamente scandite da successione di pieni e di vuoti, sporgenze o rientranze, aggetti, sporti, balconi, cornicioni, o altri elementi dotati di funzioni meramente decorative o costruttive e strutturali, come ad esempio l'involucro dell'edificio Rinascente a Roma (Albini ed Helg).

In alcuni casi, poi, la morfologia della chiusura verticale dipende dalle caratteristiche costruttive adottate e dalla relazione che intrattiene con la struttura portante dell'edificio. È il caso, per esempio, della casa colombaia, diffusa soprattutto nell'Europa centrale, in cui le pareti dell'involucro sono realizzate con intelaiature lignee, lasciate a vista, variamente tamponate con argilla, paglia, terra battuta o mattoni. Anche le pareti perimetrali della Fabbrica di cioccolato Menier (Saulnier, 1869) sono contraddistinte dalla presenza di una intelaiatura, questa volta metallica, composta da montanti, traverse e diagonali di controventamento e tamponata con pannelli di mattoni forati.

Nell'architettura contemporanea, in cui il tamponamento esterno è prevalentemente costituito da elementi di chiusura dei vuoti compresi tra gli elementi dell'ossatura portante, la sua morfologia dipende essenzialmente dai materiali e dai prodotti utilizzati, dalle modalità di posa in opera e dalle eventuali forme di lavorazione e di finitura superficiale.

1.3 Connessioni

Nella realizzazione delle chiusure verticali si possono individuare diverse forme di connessione, tra le parti componenti la chiusura vera e propria (connessioni interne) e tra quest'ultima e la struttura portante dell'edificio o altre parti dell'edificio, quali il basamento e la copertura (connessioni esterne). Le forme e le modalità di unione variano in relazione ai materiali e ai prodotti utilizzati, alla tipologia strutturale dell'edificio, nonché al numero di strati funzionali di cui il sistema chiusura si compone. In generale, per esempio, nell'edilizia contemporanea, gli elementi delle pareti verticali perimetrali possono essere inseriti fra le maglie dello scheletro dell'edificio, oppure possono essere addossati all'esterno, direttamente fissati alle facce di travi e pilastri o vincolate a un'altra struttura di sostegno appositamente predisposta.

Diverso è il caso dei molti esempi di chiusure "discontinue" diffuse nell'edilizia storica, in cui le connessioni tra intelaiatura e tamponamento sono tali da conferire alla parete esterna un ruolo unitario sia strutturale sia di chiusura, di protezione e di definizione formale.

1.4 Materiali

Le chiusure verticali possono essere realizzate con quasi tutti i materiali impiegati in edilizia (come evidenziato nelle apposite schede), posti in opera in elementi di piccole dimensioni o grandi formati, o prefabbricati in pannelli o lastre: legno, vetro, laterizio, conglomerato cementizio (in lastre o blocchi), materiali lapidei vari, materiali plastici, metalli, materiali compositi e di sintesi. Tutti i materiali possono infine essere impiegati in modo omogeneo o misto, in uno o più strati (eventualmente con l'interposizione di materiale isolante all'interno dello specifico "pacchetto") e variamente rifiniti nella loro superficie esterna di rivestimento.

1.5 Ruoli e prestazioni

Il ruolo della chiusura verticale nella definizione dell'organismo architettonico rappresenta uno dei temi generali secondo cui è possibile leggere l'intera storia del costruire. La chiusura dell'edificio, infatti, costituisce una barriera tra ambiente interno ed esterno, l'elemento di mediazione tra le differenti condizioni microclimatiche e igrometriche e, ancora, definisce l'immagine dell'edificio nel contesto urbano e territoriale. Le chiusure perimetrali contribuiscono dunque a soddisfare le molteplici esigenze dell'utenza attraverso specifici requisiti.

In considerazione di questi vari e diversi temi, si possono dunque individuare i seguenti ruoli fondamentali: il contributo alla definizione dell'immagine architettonica; il ruolo strutturale e l'eventuale protezione dal sisma; il comfort termico, igrometrico e acustico (limitazione delle temperature superficiali, controllo della condensazione superficiale e interstiziale, controllo dell'inerzia termica, isolamento termico); la protezione dagli agenti esterni (tenuta all'acqua, permeabilità all'aria, protezione da agenti aggressivi e inquinanti); la protezione dagli urti; la protezione dal fuoco; il comportamento "energetico" e il contenimento dei consumi; l'assenza di emissione di sostanze nocive; la possibilità di favorire l'agevole costruzione, manutenzione e gestione del fabbricato; l'alloggiamento di impianti. (Schematicamente, i requisiti di una chiusura verticale esterna devono essere legati a: benessere, aspetto, gestione, fruibilità, sicurezza).

Tutte queste funzioni possono essere svolte contemporaneamente da uno stesso elemento, oppure da diversi strati e materiali con differenti soluzioni tecnologiche.



La norma UNI 7959 definisce i requisiti che interessano le pareti perimetrali verticali nel loro complesso, in cui sono compresi tutti gli strati funzionali, individuati in base a classi di esigenza.

SICUREZZA	BENESSERE	FRUIBILITÀ	ASPETTO	GESTIONE
Assenza di emissione di sostanze nocive	Controllo della condensazione interstiziale	Attrezzabilità	Regolarità delle finiture	Resistenza agli agenti aggressivi chimici
Reazione al fuoco	Controllo della condensazione superficiale		Controllo della regolarità geometrica	Resistenza agli attacchi biologici
Resistenza al fuoco	Controllo dell'inerzia termica			Resistenza al gelo
Resistenza meccanica	Isolamento termico			Resistenza ai carichi sospesi
Resistenza agli urti	Tenuta all'acqua			Resistenza agli urti degli strati superficiali
Resistenza al vento	Permeabilità all'aria			Resistenza a strappo degli strati superficiali
Limitazione delle temperature superficiali	Isolamento acustico ai rumori esterni			Resistenza all'acqua

Nel sistema di chiusura perimetrale, la resistenza meccanica è senza dubbio uno dei requisiti più importanti: essa dipende dai carichi di esercizio (il peso proprio degli elementi resistenti), dai sovraccarichi permanenti (il peso del sistema di rivestimento), dai sovraccarichi accidentali (il vento, il cedimento degli appoggi, la deformazione dell'eventuale struttura di supporto).

Nella storia del costruire è stato a lungo difficile distinguere la "pelle" dell'edificio e sezionare la fabbrica in "sistemi" e "sottosistemi" fisici indipendenti, come vuole la moderna tecnologia. Per molto tempo, dunque, la chiusura dell'edificio ha avuto anzitutto il ruolo fondamentale di elemento resistente all'azione della gravità, mentre oggi tendiamo a riconoscere ad esso quasi esclusivamente un valore formale o funzionale. Nell'architettura pre-industriale, le chiusure esterne sono in genere strutture realizzate con materiali pesanti,

omogenei, opachi, plastici, lavorati e posti in opera secondo le regole della stratificazione, soggetti alle leggi del peso e della gravità. Sono strutture e forme continue, pesanti, prevalentemente compresse, rette da geometrie che chiamano in causa i principi della stereometria e della stereotomia. Così possono essere letti sulle facciate, nei vari contesti geografici e storici, i segni costruttivi o i morfemi stilistici che definiscono spigoli, cantonali, orizzontamenti di finestre e portali, cioè quei punti fragili della compagine muraria, soggetti all'azione dei pesi e delle forze provenienti dalle restanti parti della fabbrica. Il lento e graduale passaggio all'età dell'industria vede però mutare, mentre si affermano i nuovi materiali, il ruolo costruttivo e strutturale della chiusura. Il Crystal Palace, prototipo, per certi aspetti, della costruzione "moderna", nasce infatti in momenti e per fasi distinte, relativamente indipendenti tra loro: la struttura, stabile e autonoma, è eretta prima ancora che lo spazio sia compiutamente definito e chiuso; a materiali leggeri ed elastici dello scheletro strutturale, uniti in modo indipendente dalla logica della stratificazione, corrispondono strutture discontinue, leggere e trasparenti. Dopo molto tempo da quell'inizio, nelle strutture contemporanee, come nelle serre del Museo della Scienza e della Tecnica alle Villettes di Parigi (P. Rice), la chiusura, realizzata in vetro strutturale, è definitivamente separata dall'intelaiatura metallica, grazie a un complesso sistema di giunti articolati e di controventamenti che consentono di trasferire le sollecitazioni dinamiche che agiscono sulle sue superfici alla struttura di acciaio cui è affidato il reale ruolo portante nella costruzione.

Il riconoscimento del fondamentale ruolo "energetico" della chiusura, come elemento regolatore di flussi di calore, aria, luce e suono, ha per parte sua portato, negli ultimi anni, a sviluppare tecnologie innovative, in grado di istituire un comportamento "dinamico" tra l'edificio e l'ambiente circostante e di migliorare, conseguentemente, le condizioni microclimatiche e la salubrità degli ambienti interni. Dai modelli tradizionali, basati essenzialmente sull'inerzia termica garantita dalle caratteristiche della massività muraria (che consentivano di ridurre le dispersioni e di accumulare calore - in regime invernale - e di attenuare il riscaldamento per irraggiamento solare - in regime estivo -), si è oggi passati a soluzioni più complesse, che sfruttano l'energia naturale in tutte le sue forme, attraverso sistemi ad "accumulo termico" o a "ventilazione naturale" (*parete di Trombe*, *parete ventilata*, *parete ad accumulo*). Nella contemporaneità, l'aumento crescente dei costi dell'energia, unito al problema della rinnovabilità delle fonti e delle risorse energetiche, ha portato la ricerca tecnologica a sperimentare soluzioni sempre più innovative, basate sull'integrazione tra sistema impiantistico, chiusura esterna e intercapedini d'aria interne, cui è



affidato il ruolo di elementi regolatori del microclima degli ambienti interni (come nelle *pareti a doppia pelle*). Tali soluzioni sono state ad esempio sperimentate, di recente, nel V Palazzo uffici Snam a S. Donato Milanese (R. Gabetti, A. Isola) e nel complesso Daimler Benz a Berlino, Potsdamer Platz (R. Piano). Particolari elementi, componibili il sistema di chiusura, possono inoltre convertire la radiazione solare in energia termica ed elettrica (pannelli solari ad aria o ad acqua, pannelli fotovoltaici). Nella progettazione della chiusura esterna non bisogna infine trascurare gli effetti fisici della parete stessa sull'ambiente esterno: essa può infatti riflettere o emettere flussi consistenti di radiazioni, calore, emissioni gassose, suoni, che possono determinare una alterazione delle condizioni microambientali dell'intorno.

1.6 Degrado e dissesto

La chiusura di un edificio è la parte maggiormente soggetta al rischio di degrado per l'aggressione degli agenti esterni, direttamente proporzionale alla deperibilità dei materiali impiegati, alla morfologia dei prospetti (eventuale presenza di sporti, aggetti, cornici) e a eventuali difetti di costruzione. La parete esterna è infatti sottoposta ad azioni di pressione e depressione dovute al vento, a variazioni termiche per irraggiamento solare che inducono dilatazioni e contrazioni continue, a infiltrazioni di acqua meteorica che provocano processi di imbibizione, migrazione e cristallizzazione di sali, a migrazioni di vapore che inducono processi di condensazione, con effetti negativi sull'intera costruzione. Punti privilegiati di deperimento sono inoltre le connessioni tra la struttura portante e il tamponamento, spesso interessate da fenomeni di infiltrazioni di acqua, dalla presenza di indesiderati ponti termici, e punto di innesco di distacchi, deformazioni e cadute di elementi e parti dell'involucro.

In particolare, soluzioni tecnologiche relativamente nuove, la cui durabilità è tutta da verificare, come gli *isolamenti a cappotto* e le *pareti ventilate* presentano oggi, a pochi anni dalla loro applicazione, segni evidenti di degrado superficiale. Occorre dunque progettare, insieme alle nuove soluzioni costruttive (soprattutto quelle che fanno uso di elementi vetrati), anche le forme e i tempi della loro manutenzione.

Tra le cause di dissesti strutturali si ricordano infine le scosse sismiche, che provocano la separazione dei muri ortogonali lungo la loro linea di intersezione e l'apertura di scatole murarie, il distacco dei pannelli di tamponamento dall'intelaiatura e il possibile ribaltamento delle facciate.